

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-287177

(43)Date of publication of application : 31.10.1995

(51)Int.CI. G02B 26/08
G02B 7/198

(21)Application number : 06-318799

(71)Applicant : TEXAS INSTR INC <TI>

(22)Date of filing : 21.12.1994

(72)Inventor : HORNBECK LARRY J

(30)Priority

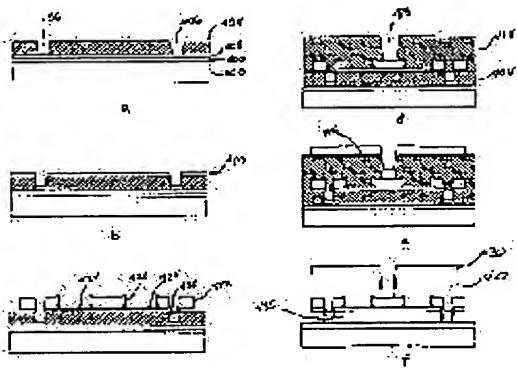
Priority number : 93 171303 Priority date : 21.12.1993 Priority country : US

(54) METHOD FOR MAKING FREELY ROTATABLE ELEMENT ARRAY

(57)Abstract:

PURPOSE: To approach uniformity, etc., of luminance which an ideal DMD possesses.

CONSTITUTION: In an improved hidden hinge digital micro-mirror device and its manufacturing method, the device has a hinge 424 which is attached to a yoke 428 and the yoke 428 limits the rotation of a mirror 430 of the device. In an embodiment, the mirror 430 is supported by a central supporting pole 416, which is attached to two twist hinges 424 by the ground hinge yoke 428. Both ends of the hinge 424 are attached to two supporting poles 426, and the poles 426 keep the hinge 424 over a base plate 400 and also enable the hinge 424 to twist in a twisting form. Although the device is manufactured by using two sacrificial spacer layers 404 and 414, the spacer layers 404 and 414 are removed, so that the mirror 430 can rotate.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 15.11.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C) 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-287177

(43)公開日 平成7年(1995)10月31日

(51)Int.Cl.⁶

G 0 2 B 26/08
7/198

識別記号

庁内整理番号

E

F I

技術表示箇所

G 0 2 B 7/18

B

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 17 頁)

(21)出願番号 特願平6-318799

(22)出願日 平成6年(1994)12月21日

(31)優先権主張番号 171303

(32)優先日 1993年12月21日

(33)優先権主張国 米国(US)

(71)出願人 590000879

テキサス インスツルメンツ インコーポ
レイテッド

アメリカ合衆国テキサス州ダラス, ノース
セントラルエクスプレスウェイ 13500

(72)発明者 ラリー ジェイ. ホーンベック

アメリカ合衆国テキサス州バントン アルスター
イン, ボックス 162, ルート 1

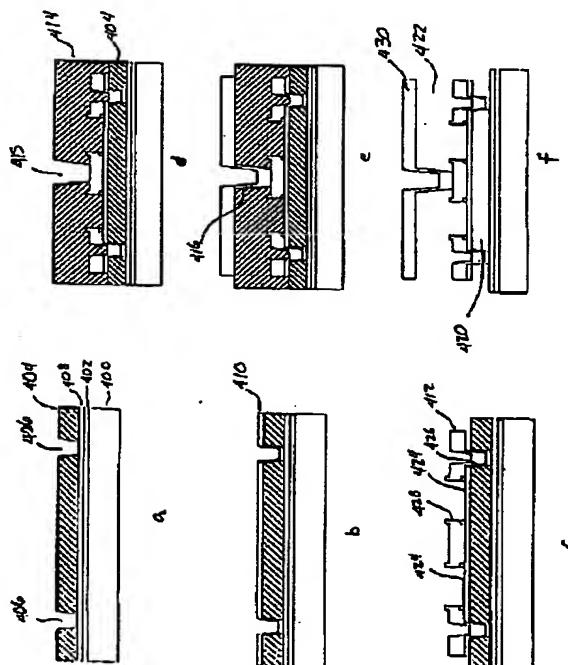
(74)代理人 弁理士 浅村皓(外3名)

(54)【発明の名称】回転自在の要素のアレイを作る方法

(57)【要約】

【目的】理想的なDMDが有する輝度の一様性等に近付ける。

【構成】改良された隠れヒンジ・ディジタル・マイクロミラー装置及びその製法を説明した。装置は、ヨーク428に取付けられたヒンジ424を持ち、このヨークが装置のミラー430の回転を制限する。一実施例では、ミラー430が、着地ヒンジ・ヨーク428によって2つのねじれヒンジ424に取付けられた中心支持柱416によって支持されている。ねじれヒンジ424の両端が2つの支持柱426に取付けられ、これらの柱が、ヒンジ424を基板400の上方に保持すると共に、ヒンジ424をねじれ形式で据ることができる様にする。2つの犠牲スペーサ層404, 414を使うことによって、装置が製造されるが、これらのスペーサ層を取去って、ミラー430が回転できる様にする。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 各々の当該要素が少なくとも2つの状態に個別に回転し得る様な回転自在の要素のアレイを作る方法に於て、前記アレイ内の全ての要素を支持する基板を設け、少なくとも2つの丁番及び少なくとも1つの丁番ヨークで構成されていて、該丁番が前記基板及び前記丁番ヨークを接続しており、該丁番ヨークが前記要素に接続されている様な支持構造を前記基板及び前記要素の間に構成し、前記要素を前記基板及び前記丁番ヨークの平面とは別個の平面内に維持する工程を含み、前記要素が回転する時、前記丁番ヨークが該要素と共に回転して、前記基板に接触することによって前記要素の回転を制限する様にした方法。

【請求項2】 基板と、ミラー要素と、該ミラー要素に接続された少なくとも1つの丁番ヨークと、前記基板及び前記丁番ヨークの間にある少なくとも2つの丁番とを有し、該丁番は前記ミラー要素を支持していて、前記ミラー要素が前記基板に対して回転することができる様にし、前記丁番ヨークが該ミラー要素の回転を制限するデジタル・マイクロミラー装置。

【請求項3】 デジタル・マイクロミラー装置を作る方法に於て、アドレス回路を含む基板を用意し、該基板の上に第1のスペーサ層をデポジットし、該第1のスペーサ層は、丁番支持柱及びアドレス電極支持柱を構成する様にパターンぎめされ、前記丁番支持柱を作り、前記アドレス電極支持柱を作り、前記第1のスペーサ層の上に、前記丁番支持柱及び丁番ヨークに接続された変形自在の捩れ丁番を設け、前記第1のスペーサ層の上に前記アドレス電極支持柱に接続されたアドレス電極を設け、前記基板の上に前記丁番ヨーク上のミラー支持柱を構成する様にパターンぎめされた第2のスペーサ層をデポジットし、前記第2のスペーサ層の上に前記ミラー支持柱に接続された複数個のミラーを設け、前記第1及び第2のスペーサ層を取除く工程を含み、前記ミラーは前記丁番を変形させることによって回転することができ、前記丁番ヨークは該ミラーの回転を制限する様にした方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明はデジタル・マイクロミラー装置、更に具体的に云えば、ねじれヒンジ (torsion hinge) が反射面とは異なる平面内に構成されているこの様な装置に関する。

【0002】

【関連出願】 下記の全ての特許出願は出願人に譲渡されており、ここで参考の為に引用する。

【0003】 米国特許第4, 566, 935号

1986年1月28日付与、 空間光変調器及び方法
米国特許第4, 615, 595号

1986年10月7日付与、 フレーム・アドレス式空間光変調器

2

米国特許第4, 662, 746号

1987年5月5日付与、 空間光変調器及び方法

米国特許第5, 061, 049号

1991年10月29日付与、 空間光変調器及び方法

米国特許第5, 083, 857号

1992年1月28日付与、 多重レベルの変形可能なミラー装置

米国特許第5, 096, 279号

1992年3月17日付与、 空間光変調器及び方法

【0004】

【従来の技術及び課題】 一形式の空間光変調器 (SLM) はデジタル・マイクロミラー装置 (DMD) である。デジタル・マイクロミラー装置は変形自在のマイクロミラー装置とも呼ばれているが、この用語は現在では専らアナログ・モードで動作する装置に使われている。DMDは光を逸らせる技術に多くの用途が見出されている。装置は小さなミラーであって、電気信号に応答してこのミラーが回転即ち撓んで (deflect) 、入射光の向きを変える。或る用途では、DMDのアレイを使って光を変調すると共に、個々のDMD要素 (画素と呼ばれる) が選択的に回転させられた時、パターン又は像を発生する。

【0005】 典型的には、DMDは暗視野投影装置 (dark field projection arrangement) に使われており、例えば、所望の明瞭度の為に画素の大きいアレイを必要とするHDTV用途に使うことができる。理想的なDMDは、輝度が一様でコントラストが高くて、解像度の高い像を作ると共に、極めて信頼性のあるものであるべきである。DMD要素は、商業的な表示装置にとって十分な信頼性を持つ様にする為、多数回でも故障なしに動作する様に設計されていなければならない。これは、DMD要素の応力及び疲労を最小限に抑える頑丈な生産性のある設計を必要とする。

【0006】 作像の用途では、主に2つの形式のDMDが使われている。即ち、従来のねじれビームDMD及び隠れヒンジDMDである。両方とも、ミラーを回転方向に撓ませて一対のねじれヒンジをねじる為に静電引力を用いている。従来のねじれビームDMDミラーは、ヒンジ支持柱に取付けられたねじれヒンジによって直接的に支持されている。従来のねじれビームDMDの1つの欠点は、ヒンジ及びヒンジ支持柱が入射光を散乱し、それが表示のコントラスト比を低下させることである。更に、ねじれヒンジ及びヒンジ支持柱がミラーの平面内に配置されている為、ミラーの面積が減少し、その為像の輝度が低下する。隠れヒンジ構造はヒンジ支持柱及びねじれヒンジをミラーの下方へ移すことにより、こう云う問題に対処している。ミラーは、ミラー支持柱により、ヒンジの平面より上方に支持されている。

【0007】

【課題を解決する為の手段及び作用】 この発明は、ミラ

一が回転方向に捲むことができる様にする、その下側にあるヒンジによって、基板の上方に懸架された(suspended)ミラー要素を持つディジタル・マイクロミラー装置(DMD)及びそれを作る方法を提供する。着地ヒンジ・ヨークがヒンジに取付けられて、ミラーの行程を制限する。着地ヨークがミラーより短い。この為、ミラーの先端が着地する従来の隠れヒンジDMDに比べて、発生される膠着トルクが一層小さい。膠着トルク(sticking torque)が一層小さいことにより、必要とするリセット電圧が一層小さくなる。

【0008】ここで説明するDMDの設計は、現存の設計に比べて、輝度の一様性が改良されること、画素を互い違いにして、水平方向の解像度を一層高くするのが容易になること、画素の「またたき(twinkling)」がなくなったこと、対角線方向の機械的な欠陥がないこと、装置の寿命全体に亘って必要とするリセット電圧が安定していること、ミラーとヒンジの正しい整合に対する依存度が一層小さいこと、矩形の画素を使えること、並びに水平分割リセット・アドレス方式が容易になることを含めて、幾つかの利点がある。

【0009】この発明並びにその利点が更によく理解される様に、次に図面について説明する。

【0010】

【好ましい実施例の詳しい説明】図1はこの発明の第1の実施例による隠れヒンジ・ディジタル・マイクロミラー装置アレイ100の一部分の平面図を示す。典型的には、アレイ内の各々の要素(エレメント)は四角のミラー102であり、これは中心間17μmで、ミラーの間の間隙は約1μmにして作られている。各々のミラー要素が支持柱104によって支持されるが、典型的には、この柱はミラーの中心にある。図2は図1のDMDアレイの1つの要素又は画素の分解図である。ミラー200がミラー支持柱202によって支持されており、この柱が着地ヨーク204の上にある。着地ヨーク204は各々のねじれヒンジ206の一端に取付けられている。各々のねじれヒンジ206の他端が、ヒンジ支持柱210の上にあるヒンジ支持柱キャップ208に取付けられている。アドレス電極212がアドレス支持柱214によって支持されている。アドレス支持柱214及びヒンジ支持柱210が、アドレス電極212、ねじれヒンジ206及び着地ヨーク204をバイアス/リセット・バス216及びアドレス電極パッド218から離して支持している。ミラーが回転する(これを捲むと云うこともある)と、着地ヨーク204の先端220が着地点222でバイアス/リセット・バス216と接触する。

【0011】図3aは図1のアレイの1つの要素をヒンジ軸線に沿って切った断面図である。ミラー300がミラー支持柱302の上にある。ミラー支持柱302がヒンジ・ヨーク310に取付けられている。ヒンジ・ヨーク310が2つのねじれヒンジ304の夫々の一端に取

付けられる。各々のねじれヒンジ304の他端がヒンジ支持柱キャップ320に取付けられ、このキャップは、メタライズ層308の上に作られたヒンジ支持柱306により、基板318から離して保持されている。メタライズ層308が、半導体基板318を保護する酸化物上側被覆316に重なっている。

【0012】図3bは図1のアレイの1つの要素をヒンジ軸線と垂直の方向に切った断面図である。ミラー支持柱302がヒンジ・ヨーク又は着地ヨーク310の上にある。ヒンジ・ヨーク310は、ミラー300が回転する時、ミラー要素300及びミラー支持柱302と連動して回転する様に設計されている。アドレス電極314が、メタライズ層308の上に作られたアドレス電極支持柱によって支持されている。アドレス電極支持柱は断面図の平面内にはなく、その為示していない。

【0013】メタライズ層308は、典型的には3番目のメタライズ層又はM3であるが、半導体基板318を保護する様に設計された酸化物上側被覆316に重なっている。基板318は典型的にはシリコンであるが、その面にはアドレス回路が作られている。ヒンジ・ヨーク310の先端312は、ミラー300がアドレス電極314と接触する前に、図3cに示す様に、M3 308に着地する様に構成されている。従って、ミラー要素が回転する範囲は着地先端312の設計によって制限される。従来のDMDの設計は、典型的には、ヒンジ・ヨークの代わりにミラーの先端が着地していた。

【0014】製造する為の1つの順序が図4a-4fに示されている。この方法は図4aから始まり、この時基板400の上にはアドレス回路が作られていて、保護酸化物層402で覆われている。メタライズ層M3 408が、必要な所で、その下側の回路の層と接触することができる様にする為に、酸化物層に孔が開けられている。ヒンジ・スペーサ層404がアドレス回路の上に回転デポジットされ、その上にヒンジ及び電極を作る為の平面状の面を作る。ヒンジ・スペーサ層404は、電極支持柱及びヒンジ支持柱を定める孔406を形成する様にパターン化される。電極支持柱に対する孔は、図4a-4fの断面図では示されていないが、ヒンジ支持柱の孔と同様である。スペーサの厚さがヒンジの空隙を決定し、後で説明する様に、この空隙がミラーの回転角度を決定する。典型的には、スペーサ層は厚さ1.0μmのポジのフォトレジストであり、このフォトレジストは遠紫外線によって200℃の温度まで硬化させ、この後の処理工程の間の流動及び泡立ちを防止する。

【0015】図4bから始まる多重工程の方法により、ヒンジ及び電極がデポジットされて形成される。最初に、アルミニウム合金の薄い層410がデポジットされて、装置のヒンジ424を形成する。この層は典型的には厚さ600オングストロームの0.2%のT1、1%のS1及び残りA1の合金の層である。2番目に、酸化

物をプラズマ・デポジットし、ヒンジの形にパターンぎめする。次に、典型的には厚さ3,000オングストロームのアルミニウム合金の一層厚手の金属層412をデポジットして、電極、支持柱426及びヒンジ・ヨーク428を形成する。その後、2番目のマスク用酸化物をプラズマ・デポジットし、電極支持柱及びヒンジ支持柱、及びヒンジ・ヨークの形にパターンぎめする。

【0016】1回のプラズマ・エッチを使って、ヒンジ、電極、支持柱及びヒンジ・ヨークの金属をパターンぎめする。2つの酸化物層がエッチ・ストップとして作用し、その下にある金属を保護する。プラズマ・エッチが完了した後、酸化物のエッチ・ストップを薄い金属のヒンジ及び一層厚手の金属の支持柱及び電極から、プラズマ・エッティングによって除去する。図4cは、酸化物のエッチ・ストップを除去した後のDMD要素を示す。

【0017】図4dに示す様に、一層厚手のミラー・スペーサ層414をヒンジ及び電極の上に回転デポジットし、ミラー支持柱416を形成する孔415ができる様にパターンぎめする。スペーサ414は、典型的には厚さが2.2μmであるが、完成されたミラーに要求される回転に応じて、これより厚手にしても薄手にしてもよい。ミラー・スペーサ層414は、典型的には180℃の温度まで遠紫外線で硬化して、この後の処理工程の間の流動及び泡立ちを防止する。ヒンジ・スペーサが一層高い温度(200℃)に硬化させてあるので、ヒンジ・スペーサ層404の劣化が起らないことに注意されたい。

【0018】次に、図4eに示す様に、アルミニウム合金の厚手の層を4,250オングストロームの典型的な厚さまで、スパッタリングによってデポジットする。この層がミラー支持柱416及びミラー430の両方を形成する。その後、マスク用の酸化物層をミラーの上にプラズマ・デポジットし、ミラーの形にパターンぎめする。その後、ミラーの金属層をプラズマ・エッティングして、ミラー及び支持柱を形成する。ウェーハにPMMAを被覆し、チップ・アレイに鋸びきし、クロロベンゼンを用いてパルス式回転洗浄する間、マスク用酸化物層はその場所に残しておくのが典型的である。この後、チップをプラズマ・エッティング室に配置し、そこでマスク用酸化物層及び両方のスペーサ層404, 414を除去して、図4fに示す様に、ヒンジ空隙420及びミラー空隙422を残す。

【0019】この発明の一実施例のDMD要素の異なるレベルの2つの平面図が図5及び図6に示されている。図5では、ミラー層を取除いて、その下にある構成部品を示している。破線はミラーの輪郭を示す。ミラー支持柱500がヒンジ・ヨーク502の上にありこのヒンジ・ヨークが一対のねじれヒンジ504によって支持されている。ヒンジ支持柱506が2つのねじれヒンジの夫々の一端に取付けられる。2つのアドレス電極508が

電極支持柱510によって支持される。アドレス電極508及びヒンジ・ヨーク502の形並びに支持柱の配置は、希望によって変更することができる。

【0020】図6は、M3メタライズ層を示す為に、アドレス電極、着地ヨーク及びヒンジを取除いた図5の要素を示す。M3層は、2種類の構造、即ちバイアス/リセット・バス600及びアドレス支持パッド602を残す様にパターンぎめされる。ヒンジ支持柱506は、M3層のバイアス/リセット・バス600の部分の上に作られ、これに対してアドレス電極支持柱510は、図示の様にアドレス支持パッド602の上に作られる。バイア(透孔)604がアドレス支持パッドを、保護用酸化物を介して、基板の上に組立てられたアドレス回路と接続する。

【0021】図7aは、図3bのDMD要素が回転し、着地ヨークがM3メタライズ層のバイアス/リセット部分と接触する状態を示す。ヒンジ・ヨークの着地先端の長さが、ヒンジからM3までの所定の空隙に対して、ミラーがどの位まで回転し得るかを決定する。図示例では、着地先端は、ミラー要素自体のモーメントのアームの大体半分になる様に選ばれている。ミラーの寸法及びミラー支持柱の高さが、ミラーの先端が着地するのを防止する様に選ばれていると仮定すると、ヒンジ空隙の厚さ及び着地先端の長さが、ミラーが、着地先端によって停止させられるまでに、どの位回転するかを決定する。後で説明するが、最適の着地先端の長さは、ミラーとアドレス電極の間の静電引力のモーメントのアームの長さに関係する。これによって、ミラーの最大の回転を制御する様に、プロセスのできる範囲内で、ヒンジ空隙の厚さを変えることができる。ミラーの回転は、交代的な反射光路を分け隔てて、必要な投影光学系(projection optics)の場所ができる様にするのに十分にすべきである。典型的な装置は、各々の方向に約10°のミラーの回転を有する。

【0022】着地先端がバイアス/リセット・バスに着地した後、着地先端の表面分子とバイアス/リセット・バスとの間には、ファン・デル・ワールスの力(Van der Waals force)と呼ばれる距離の短い双極子モーメントの引力が働く為に、それがバイアス/リセット・バスにくつつく傾向がある。着地先端及びバイアス/リセット・バスの表面はこの膠着を減らす様に不活性化層で処理することができるが、ヒンジの復元力は依然として信頼性のある動作にするには不十分であることがある。共振リセットと呼ばれる方法を用いて、ヒンジの復元力を10倍までにし、こうして着地先端が着地電極から確実に剥がれる様に保証することができる。共振リセットは、ミラーとアドレス電極の間の引力を増加する電圧パルス又は一連のパルスである。一実施例では、共振リセットは、ミラーの共振周波数、大体5MHzで、ミラーに印加される5個1組の24ボルトのパルスである。最

初のパルスがミラーを上に凹に曲げ、先端を強制的に着地電極に押付け、先端に対して下向きの力を加える。最初のパルスがターンオフになった時、ミラーが回復し、その後下に凹の位置にオーバーシュートし、先端を着地電極から引き離す傾向を持つ先端に対する上向きの反作用力を加える。この後のパルスを印加すると、振動の振幅が増加すると共に、対応する先端の上向きの反作用力が増加し、それがミラーを着地面から引き離す傾向を持つ。

【0023】典型的には、5個のパルスの後、先端の反作用力にはそれ以上の増加がない。これは、各々のリセット・パルスによって得られるエネルギーが、空気制動並びに金属の曲げに失われるエネルギーと等しいからである。一旦最大の振動が達成されたら、パルス列をターンオフし、ミラーの先端が離れるのにまかせ、ミラーをリセットする。ミラーの共振が最も効率のよいリセット周波数であって、ミラーを自由にする傾向を持つ大きな先端の反作用力を生ずると同時に、ヒンジの応力を低いレベルに保つことを指摘しておきたい。

【0024】ミラーの先端が着地するのに比べて、ヒンジ・ヨークの着地先端が着地することの1つの利点は、着地先端の寸法が一層短いことである。この寸法が短いことにより、ヒンジの回転軸線に対する膠着力のモーメントのアームが減少する。モーメントのアームが小さくなれば、膠着トルクが一層小さくなり、従ってミラー要素をリセットするのに必要なトルクも一層小さくなる。リセット・パルスによって発生されるトルクは、リセット・パルスの電圧レベルとアドレス電極及びミラーの形状の両方に関係する。着地先端と着地面の間の接着力はモーメントのアームの長さとは無関係である。膠着力のモーメントのアームが短ければ短いほど、膠着力によって発生されるトルクが一層小さくなると共に、リセット・トルクが膠着トルクに打ち勝つのは一層容易になる。ミラーに比べて着地ヨークの寸法が一層短いことは、信頼性のあるリセットを達成するのに必要なリセット電圧をそれに対応して減少することができると共に、1回のパルス・リセットができる様になる。

【0025】1回のリセット・パルスを使うことは、画素のまたたきの問題をなくすのに望ましいことである。ミラーがくっつかないか又はバイアス/リセット・バスにくっつくとしても極く僅かである時、またたきが起る。リセット・パルス列によって発生される力は、5番目の、最後のパルスよりも前に、軽くくついたミラーを離すのに十分であることがある。そう云うことが起ると、ミラーがばね式にバイアス/リセット・バスから離れ、その後、後続のリセット・パルスにより、バイアス/リセット・バスに戻る。その時、ミラーがバイアス/リセット・バスにくっつき、リセット・パルス列の残りのパルスは、ミラーを離すのに十分なエネルギーを発生しないことがある。ミラーは、次の完全なリセット期間が

それをバイアス/リセット・バスから離すまで、くっついたままになっている。

【0026】動作について説明すると、暗視野光学系を使って像が発生される。この時、DMDミラーが一方の方向、即ち、「オン」に回転して、像平面に光を逸らせ、反対方向、即ち、「オフ」に回転して、光を像スクリーンから逸させる。パルス幅変調を使って、グレースケール表示をする。ミラーが「オン」位置に膠着した場合、ミラーは、「オフ」位置にあるべきであるのに、光をスクリーンへ反射することがある。画素は本来よりも一時的に一層明るく見え、チカチカ又はまたたきする様に見える。「オフ」であるミラーがリセットされず、その後「オン」位置へ回転しない時、同じ問題が起るが、それほど目立たない。ここで説明した構造は、1回のパルス・リセットを使うことができる様にすることにより、画素のまたたきを除くことができる。

【0027】ミラーに比べて着地ヨークの寸法を一層短くすることによって、膠着したミラーをリセットするのに必要なトルクが減少するが、短すぎる着地ヨークを使うと、ミラーのヒンジに余分の応力が生ずることがある。ヒンジに対する余分の応力を理解する為には、図7a-7cに示したDMDミラーに作用する撓みの力を理解することが必要である。DMDミラーとアドレス電極の間の静電引力のモーメントのアームは、ミラー及びヒンジの形に関係する。四角のミラーを持つ典型的な隠れヒンジDMDでは、静電力のモーメントのアーム、又は静電力の中心は、ヒンジ軸線からミラー先端までの距離の大体半分である。ミラーが回転すると、ミラー先端及びヒンジの反作用力の組合せから生ずる同じ大きさで反対の力によって、静電力を打ち消さなければならない。

【0028】図7aに示す様に、回転したDMDの形状が、着地先端が静電引力よりも、回転軸線から一層遠くにあると、平衡を保つ為には、ヒンジに上向きの力702が必要である。つまり、ミラーの先端に着地する隠れヒンジDMDが回転すると、ミラーは回転するだけでなく、ヒンジからの上向きの力702が増加して平衡に達するまで、基板に向って並進をする。

【0029】図7bに示す様に、静電引力704が着地先端よりも回転軸線から一層遠くにあると、ミラーは、ヒンジによって発生された下向きの力706がミラーを平衡状態にするまで、上向きに並進する傾向がある。ヒンジによって発生される上向き及び下向きの力は、2つの効果がある。第1に、ヒンジの変形により、ヒンジに加わる応力が増加し、これは金属のクリープ(creep)によって、ヒンジが永久的にたるむ(sag)原因になることがある。第2に、ヒンジの強さ、並びにバイアス電圧によって発生される力の強さに応じて、各々のミラーの回転が異なる。投影される画素の輝度がミラーの回転角度に関係するから、ミラーの回転が全て同じでない場合、像の画素は一様にはならず、像が劣化する。着地ヨ

ークのリセット能力が高まつたことによることを活用し、ヒンジに掛かる応力を最小限に抑えると共に、バイアス電圧に対する輝度の依存性を最小限に抑える為には、着地先端は、図7cに示す様に、静電引力の中心の真下にあるべきである。

【0030】着地ヨークがヒンジの軸線と整合していることが重要である。整合が正しくないと、着地先端がバイアス/リセット・バスに接触する前に、要素が回転する程度に影響を与える着地先端の実効長が変わる。或る要素と次の要素とで、回転の制御がよくないと、像の品質が劣化することがあり、特に像の輝度の一様性が劣化することがある。1つの解決策は、ヒンジをバターンぎめするのと同時に、着地先端をバターンぎめし、こうしてヒンジ及び着地先端の正しい整合を保証することである。従来のDMD構造では、この解決策は実用的ではなかった。ヒンジの金属をミラー先端に露出する様に従来のねじれビームDMDをバターンぎめすると、ミラーの先端からの光の回折が増加し、その結果、光学的なコントラスト比が一層低くなる。従来の隠れヒンジDMDのねじれヒンジは、ミラーの着地先端とは異なる平面に作られており、こうして1回のバターンぎめ工程を使うことができなかった。ここで開示した構造は、光の回折を増加せずに、ねじれヒンジをバターンぎめするのと同時に、着地先端をバターンぎめすることができる様にすることで、ヒンジとヨークの整合を制御するのが容易になり、その結果、アレイの要素の間で一層一貫性のある回転が得られる。

【0031】図8及び9は、この発明に従って装置を製造するのに使われる典型的な酸化物のエッチ・ストッパを示す。図8では、第1の酸化物のエッチ・ストッパ800がヒンジ金属の上にデポジットされ、ヒンジだけを限定する様にバターンぎめされる。電極金属層をデポジットした後、第2の酸化物のエッチ・ストッパ802をデポジットし、ヒンジ支持柱キャップ、着地ヨーク及びアドレス電極を限定する様にバターンぎめする。2つの酸化物のエッチ・ストッパが、ヒンジの各々の端に重なることに注意されたい。電極及びヒンジの金属層を1回のエッチ工程でエッチングすると、エッチ・ストッパの下の金属が残る。従って、厚手の電極の金属層及び薄手のヒンジの金属層の両方が第2の酸化物のエッチ・ストッパ802の下に残り、これに対して第1の酸化物のエッチ・ストッパ800の下には薄手のヒンジの金属層だけが残る。図8に示す様に、第1の酸化物のエッチ・ストッパ800がバターンぎめされる時にヒンジが限定され、第2の酸化物のエッチ・ストッパ802がバターンぎめされる時に着地ヨークの先端804が限定される。

【0032】図9は、セルフアラインヒンジを形成するのに典型的に使われる酸化物のエッチ・ストッパを示す。この時、第1の酸化物のエッチ・ストッパ層900が、ヒンジだけでなく、着地ヨークの先端904をも限

定する様にバターンぎめされる。第2の酸化物のエッチ・ストッパ902がヒンジ支持柱キャップ、アドレス電極及び着地ヨークの中心部分を限定する。第2の酸化物のエッチ・ストッパは、着地ヨークの先端904まで伸びていない。この時、2つの酸化物のエッチ・ストッパが、ヒンジの各々の端と共に、着地ヨークの先端の近くに重なることに注意されたい。この場合も、金属層をエッチングした時、厚手の電極の金属層及び薄手のヒンジの金属層の両方が第2の酸化物のエッチ・ストッパ902の下に残り、第1の酸化物のエッチ・ストッパ900の下には薄手のヒンジの金属層だけが残る。然し、図8で、着地ヨークの先端及びヒンジが別々のバターンぎめ工程によって限定されるのに対し、今度は、着地ヨークの先端及びヒンジが1回の工程でバターンぎめされ、こうして相互の整合を確実にする。

【0033】図10は、ヒンジ及び電極の金属層がエッチングされた後の一実施例のセルフアライン形DMD要素の平面図で、ヒンジ・ヨーク1000、アドレス電極1002、及びヒンジ1004を示す。図11及び12はこのセルフアライン形DMD要素の断面図である。図11及び12の断面の平面は図3b及び3cと同じである。図11は中立位置にあるDMD要素を示し、図12は撓んだ又は回転した位置にあるDMD要素を示す。

【0034】その下側にある回路の高さを埋め合せる為に、ヨークの設計は行毎に変更することもできる。典型的なCMOS回路の設計にすると、1つおきの線の下で高さの変動が生じ、目につく線のペア効果が生ずる。ミラーの先端で着地するDMDの設計では、ミラーの寸法又は形を変えずに、この変動を補償することはできない。然しミラーの寸法又は形を変更すれば、やはり輝度の変動の原因になる。着地ヨークの長さは、その下側にある回路の1つおきの行での高さの変動を補償する様に交互の行で変更して、こうして輝度に対する回路の影響を減少することができる。後で説明する分割リセットを利用する様に設計されたDMDは、典型的には、回路の高さの変動が16本の線毎に繰返して起る。従って、典型的な分割リセット回路は、着地ヨークの変動がやはり16本の線毎に繰返される必要がある。

【0035】データ入力路の帯域幅の条件を下げ、CMOS回路素子の必要な数を減らす為に、一度にミラー要素の一部分だけをロード及びリセットすることができる様にするのが望ましい。この特徴は、分割リセット・メモリ多重化アドレス方式と呼ばれるが、残りの要素がロード、リセットされ、電気機械的にラッチされる間、大多数の要素がデータを表示することができる様にする。即ち、1つのCMOS回路素子、例えばSRAMセルが、1つより多くのDMD要素をアドレスすることができる。分割リセットを実現する為には、要素がブロックにまとめられ、各々のブロックに対するミラー・バイアス信号を隔離する。制御回路は、各々のブロックに対す

11

るミラー・バイアス信号を独立に制御する様にしなければならない。バイアス/リセット・バスを使って、DMD要素のグループのミラー・バイアス信号と一緒に接続し、要素のブロック全体に共通のミラー・バイアスを印加することができる様にする。要素のグループ分けは決定的ではないが、フレーム全体に対するデータから或るブロックに対するデータを抽出するのに必要な論理回路を決定する。典型的には、1行にある全ての要素が同じブロック内にあり、ブロック内にある行の数は、希望するブロックの数によって決定される。例えば、隣合った行をグループに一緒にまとめてよいし、或いは各々のブロックの行をインターリープにすることができる。

【0036】バイアス/リセット・バスは、ミラー支持構造を通じて、ミラー・バイアス信号を各々のミラーに伝達する。ここで説明したバイアス/リセット・バスの設計の為、要素は効率よくブロックにまとめることができる。図13はDMD要素のアレイを示しており、バイアス/リセット・バス1300及びアドレス支持パッド302のメタライズを露出する様に、ミラー、ヒンジ及び電極金属は取除いてある。参考の為、ヒンジ支持柱の場所1304、アドレス電極支持体の場所1306及びアドレス支持パッドのバイア1308が示されている。図13に示す様に、5個のDMD要素からなる5行のバイアス/リセット・バス1300が電気的に接続されている。図14は隔離された5行1402、1404、1406、1408、1410を形成する様に作られた個々のDMD要素からなる5行のアレイのバイアス/リセット・バス・メタライズ部分1400を示す。前に述べた様に、装置を接続する実際のパターンは決定的ではない。例えば、要素は垂直、水平又は対角線の行にまとめることができる。図14の例で、ブロックが交互の行で構成される場合、行はミラー・アレイの有効な区域の外側で接続される。これは、ミラー・アレイの有効区域の外側にメタライズ部を追加し、行を接続するにジャンパー線を使い、又はボンドアウトの際に行を接続することにより、このメタライズ部を行を接続する様にパターンぎめすることによって行なうことができる。

【0037】ここで説明した構造は、分割リセットの相互接続部を著しく容易にする。従来のDMDの設計は、ミラーの先端で着地し、その為、ミラー・バイアス電圧を伝える装置の隅の近くに着地電極を必要とした。着地電極はアドレス電極と同じレベルに組立てられ、ヒンジ支持柱によって支持されていた。こう云う着地電極の寸法と配置の為、典型的には、1つの着地電極を対角線上で隣接する要素が共有する必要になると共に、別の対角線に隣接する一対の要素のヒンジ支持柱によって支持されていたので、4つの要素が電気的に接続されていた。この為、従来の構造は、行毎又は水平の分割リセットを実現するのに必要な電気的な隔離が簡単にはできなかった。

12

【0038】分割リセットができる様にする、アレイの行の間の機械的及び電気的な隔離により、隣接する行のミラーを画素ピッチの半分だけ互い違いにし、表示の実効的な水平方向の解像度を高めることができる。第2に、隣接する要素のヒンジ支持体の間に機械的な接続がないから、1つの要素が構造的な破損を生じても、その破損が隣接するミラー要素の破壊に繋がる様なことはやなくなる。

10 【0039】DMDが、回転を制限するのに、もはやミラーの先端に頼らないので、ミラーは四角である必要がない。この為、他のミラーの形を使うことができる。現在、合衆国のHDTVに対する1つの提案では、線数960で縦横比16:9のスクリーンがある。水平及び垂直方向の間隔が等しいとすると、四角の画素であれば、1,707個の水平方向の画素が必要になる。然し、提案された放送用伝送基準では、水平方向の画素は1,400と云う様に少ない。この為、水平方向のデータの再標本化が必要になるか又は矩形の画素を使うことが必要になる。

20 【0040】着地電極の疲労が、もう1つの問題であるが、着地ヨークがこの問題を軽減する。従来のDMDの設計ではミラー先端と着地電極の間の摩耗の為、ミラーをリセットするのに必要な力は、装置の経年と共に徐々に増加した。この設計をもっと効率よくリセットする様にすれば、必要とするリセット・パルスが一層少なくなるので、着地ヨークと着地電極の間の摩耗が減少する。更に、リセット・パルスは、ミラーを共振させる様に設計されるが、ミラーの先端が着地する従来のDMDの設計では、この結果、ミラーと着地電極の間に接線方向の削り取る様な運動が生ずる。着地ヨークの設計は、ミラー先端が着地電極と接触せず、着地ヨークが共振しない為に、この削り取る様な運動をなくす。

30 【0041】これまでの説明は、45°のねじれヒンジDMDの設計を中心としてきており、それを簡略にした図が図15aに示されているが、この発明では、この他のヒンジの設計でも利点が得られる。例えば、図15bの90°のねじれヒンジ要素は、これまで説明した利点を達成する為に着地ヨークを使うことができる。図15a及び15bでは、ミラー要素1500、着地ヨーク1502、ヒンジ1504及びヒンジ支持柱1506の平面図が示されている。

40 【0042】ここに示したDMDは、空間光変調器であって、これは幾通りかの方法で使うことができる。DMDは、直視又は間接的に見る為、像を投影するのに用いることができるし、或いはゼログラフ式印刷装置の一部分として、光を変調する為に使うことができる。図16は像投影装置の略図である。ディジタル像データが電気入力1602を介してDMD 1600に書込まれ、DMDミラーの動作を制御する。光源1606からの光1604がDMD 1600で反射され、DMDミラーの

回転の極性に応じて、吸光装置1608によって吸収されるか、或いはスクリーン1610に投影される。

【0043】図17は一実施例の表示装置のブロック図である。図17で、アナログ像データが標本化され、ビデオ信号変換器1700によってデジタル像データに変換される。デジタル像データがDMDフォーマット装置1704により、DMD1702で表示するフォーマットにされる。装置に対する像データ入力がデジタルであれば、ビデオ信号変換器1700は使わず、像データが直接的にDMDフォーマット装置1704に入力される。フォーマットが定められたデジタル・データがDMDのアドレス回路1706に書き込まれる。これは典型的にはSRAMメモリ・セルで構成される。アドレス回路1706の出力がDMDミラーの回転を制御すると共に、ランプ1708から受取った光の変調を制御する。この後、変調された光が観察者の目又は表示スクリーンに投影される。

【0044】図18は、ここで説明したDMD 1800を使った一実施例のプリンタ装置の見取図である。プリンタ装置の動作は、変調された光をスクリーンに投影する代わりに、光が静電的に帯電した印刷ドラム1802に投影されることを別とすれば、表示装置の場合と同様である。光が印刷ドラム1802に入射すると、照射された区域が放電する。ドラムが回転する時、印刷ドラム1802が現像剤の源1804を通り越して回転し、印刷ドラム1802の内、帯電したままでいる区域が若干の現像剤を引付ける。現像剤が、転写コロナ1806により、印刷しようとする物体に転写され、溶融装置1808を通過する時、印刷される物体に接着する。

【0045】この為、これまで、空間光変調器及び方法の特定の実施例を説明したが、この様に特定の場合について述べたことは、特許請求の範囲に記載される範囲以外に、この発明の範囲に対する制約と考えてはならない。更に、この発明を或る特定の実施例に関連して説明したが、当業者には、この他の変更も容易に考えられる。従って、この様な全ての変更は、特許請求の範囲内に属するものと考えられるべきである。

【0046】以上の説明に関して、さらに以下の項目を開示する。

(1) 各々の当該要素が少なくとも2つの状態に個別に回転し得る様な回転自在の要素のアレイを作る方法に於て、前記アレイ内の全ての要素を支持する基板を設け、少なくとも2つのヒンジ及び少なくとも1つのヒンジ・ヨークで構成されていて、該ヒンジが前記基板及び前記ヒンジ・ヨークを接続しており、該ヒンジ・ヨークが前記要素に接続されている様な支持構造を前記基板及び前記要素の間に構成し、前記要素を前記基板及び前記ヒンジ・ヨークの平面とは別個の平面内に維持する工程を含み、前記要素が回転する時、前記ヒンジ・ヨークが該要素と共に回転して、前記基板に接触することによつ

て前記要素の回転を制限する様にした方法。

【0047】(2) 第1項記載の方法に於て、前記要素の回転を制御する信号を供給するアドレス電極を作る工程を含む方法。

【0048】(3) 第1項記載の方法に於て、前記要素の回転を制御する信号を含むアドレス電極を作る工程を含み、該アドレス電極が前記基板から離して支持されている方法。

【0049】(4) 第1項記載の方法に於て、前記要素の回転を制御する信号を含むアドレス電極を作る工程を含み、前記アドレス電極は前記基板から離して支持されており、前記アドレス電極は前記少なくとも2つのヒンジと同じ平面内に作られている方法。

【0050】(5) 第1項記載の方法に於て、バイアス／リセット・バスを作る工程を含み、該バイアス／リセット・バスは前記基板上に構成されていてミラーに電気的に接続されている方法。

【0051】(6) 第1項記載の方法に於て、前記基板内に制御回路を作る工程を含み、該制御回路は前記要素の回転を制御する様に作用し得る方法。

【0052】(7) 第1項記載の方法に於て、前記ヒンジ・ヨークの寸法を1つの要素と別の要素とで変える工程を含む方法。

【0053】(8) 第1項記載の方法に於て、前記ヒンジ・ヨークが先端を持ち、前記少なくとも2つのヒンジ及びヒンジ・ヨークの先端が同時にパターンぎめされる方法。

【0054】(9) 第1項記載の方法に於て、前記アレイが像表示装置の空間光変調器である方法。

【0055】(10) 第1項記載の方法に於て、前記アレイがプリンタ装置の空間光変調器である方法。

【0056】(11) 基板と、ミラー要素と、該ミラー要素に接続された少なくとも1つのヒンジ・ヨークと、前記基板及び前記ヒンジ・ヨークの間にある少なくとも2つのヒンジとを有し、該ヒンジは前記ミラー要素を支持していて、前記ミラー要素が前記基板に対して回転することができる様にし、前記ヒンジ・ヨークが該ミラー要素の回転を制限するデジタル・マイクロミラー装置。

【0057】(12) 第11項記載のデジタル・マイクロミラー装置に於て、前記要素の回転を制御する信号を作るアドレス電極を有するデジタル・マイクロミラー装置。

【0058】(13) 第11項記載のデジタル・マイクロミラー装置に於て、前記要素の回転を制御する信号を作るアドレス電極を有し、該アドレス電極が前記基板から離して支持されているデジタル・マイクロミラー装置。

【0059】(14) 第11項記載のデジタル・マイクロミラー装置に於て、前記要素の回転を制御する信

15

号を作るアドレス電極を有し、該アドレス電極が前記基板から離して支持されており、前記アドレス電極が前記少なくとも2つのヒンジと同じ平面内にあるディジタル・マイクロミラー装置。

【0060】(15) 第11項記載のディジタル・マイクロミラー装置に於て、バイアス/リセット・バスを有し、該バイアス/リセット・バスは前記基板上に構成されていて前記ミラーに電気的に接続されているディジタル・マイクロミラー装置。

【0061】(16) 第11項記載のディジタル・マイクロミラー装置に於て、前記基板内にある制御回路を有し、該制御回路は前記要素の回転を制御する様に作用し得るディジタル・マイクロミラー装置。

【0062】(17) 第11項記載のディジタル・マイクロミラー装置に於て、前記ヒンジ・ヨークの寸法が1つの要素と別の要素とで変えられているディジタル・マイクロミラー装置。

【0063】(18) 第11項記載のディジタル・マイクロミラー装置に於て、前記ヒンジ・ヨークが先端を持ち、前記少なくとも2つのヒンジ及びヒンジ・ヨークの先端が同時にパターンぎめされるディジタル・マイクロミラー装置。

【0064】(19) 第11項記載のディジタル・マイクロミラー装置に於て、該装置が像表示装置の空間光変調器であるディジタル・マイクロミラー装置。

【0065】(20) 第11項記載のディジタル・マイクロミラー装置に於て、該装置がプリント装置の空間光変調器であるディジタル・マイクロミラー装置。

【0066】(21) ディジタル・マイクロミラー装置を作る方法に於て、アドレス回路を含む基板を用意し、該基板の上に第1のスペーサ層をデポジットし、該第1のスペーサ層は、ヒンジ支持柱及びアドレス電極支持柱を構成する様にパターンぎめされ、前記ヒンジ支持柱を作り、前記アドレス電極支持柱を作り、前記第1のスペーサ層の上に、前記ヒンジ支持柱及びヒンジ・ヨークに接続された変形自在のねじれヒンジを設け、前記第1のスペーサ層の上に前記アドレス電極支持柱に接続されたアドレス電極を設け、前記基板の上に前記ヒンジ・ヨーク上のミラー支持柱を構成する様にパターンぎめされた第2のスペーサ層をデポジットし、前記第2のスペーサ層の上に前記ミラー支持柱に接続された複数個のミラーを設け、前記第1及び第2のスペーサ層を除去する工程を含み、前記ミラーは前記ヒンジを変形させることによって回転することができ、前記ヒンジ・ヨークは該ミラーの回転を制限する様にした方法。

(22) 改良された隠れヒンジ・ディジタル・マイクロミラー装置及びその製法を説明した。装置は、ヨーク428に取付けられたヒンジ424を持ち、このヨークが装置のミラー430の回転を制限する。一実施例では、ミラー430が、着地ヒンジ・ヨーク428によっ

10

20

30

40

50

16

て2つのねじれヒンジ424に取付けられた中心支持柱416によって支持されている。ねじれヒンジ424の両端が2つの支持柱426に取付けられ、これらの柱が、ヒンジ424を基板400の上方に保持すると共に、ヒンジ424をねじれ形式で振ることができる様にする。2つの犠牲スペーサ層404、414を使うことによって、装置が製造されるが、これらのスペーサ層を取去って、ミラー430が回転できる様にする。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1の実施例によるDMDアレイの平面図。

【図2】図1のDMDアレイの1つの要素の分解図。

【図3】aは図1のDMDアレイの1つの要素をヒンジ軸線に沿って切った断面図。bは図1のDMDアレイの1つの要素をヒンジ軸線に対して垂直に切った断面図。cは図1のDMDアレイの1つの要素をヒンジ軸線に対して垂直に切った断面図で、回転位置にあるミラー及び着地ヨークを示す。

【図4】aは図1のDMDアレイの1つの要素をヒンジ軸線に沿って切った断面図で、ヒンジ・スペーサ層を示す。bは図1のDMDアレイの1つの要素をヒンジ軸線に沿って切った断面図で、ヒンジ・金属層を示す。cは図1のDMDアレイの1つの要素をヒンジ軸線に沿って切った断面図で、ヒンジ及び電極の金属層を示す。dは図1のDMDアレイの1つの要素をヒンジ軸線に沿って切った断面図で、ミラー・スペーサ層を示す。eは図1のDMDアレイの1つの要素をヒンジ軸線に沿って切った断面図で、ミラー金属層を示す。fは図1のDMDアレイの1つの要素をヒンジ軸線に沿って切った断面図で、プラズマ・エッチ・アンダーカット後の完成された装置を示す。

【図5】図1のDMDアレイの1つの要素の平面図で、その下側にあるアドレス電極及び着地ヨークを示す為にミラーを取除いてある。

【図6】図5のDMD要素の平面図で、バイアス/リセット・バスを示す為にアドレス電極及び着地ヨークを取除いてある。

【図7】aは1つのDMD要素の断面図で、平衡状態にある撓みの力を示す。bは1つのDMD要素の断面図で、平衡状態にある撓みの力を示す。cは1つのDMD要素の断面図で、平衡状態にある撓みの力を示す。

【図8】1つのDMD要素の平面図で、第1の実施例の第1及び第2のパターンぎめされた酸化物のエッチ・ストップを示す。

【図9】1つのDMD要素の平面図で、第2の実施例の第1及び第2のパターンぎめされた酸化物のエッチ・ストップを示す。

【図10】図9の第1及び第2の酸化物のエッチ・ストップを使ってヒンジ及び電極の金属層をエッティングした後の1つのDMD要素の平面図。

17

【図11】図9に示した実施例による着地ヨークの先端を持つ1つのDMD要素の断面図。

【図12】図11のDMD要素の断面図で、回転した位置にあるミラー及び着地ヨークを示す。

【図13】バイアス／リセット・バスが1回バイアス／リセット・バスを形成している様な、DMD要素を相互接続した5×5アレイのバイアス／リセット・バスの平面図。

【図14】バイアス／リセット・バスが水平の行の間で電気的に分割され又は隔離されている様なDMD要素の5×5アレイのバイアス／リセット・バスの平面図。

【図15】aは45°ねじれビームヒンジを持つ1つのDMD要素のヒンジの配置を示す平面図。bは90°ねじれビームヒンジを持つ1つのDMD要素のヒンジの配置を示す平面図。

【図16】一実施例のDMDを基本とした像投影装置の略図。

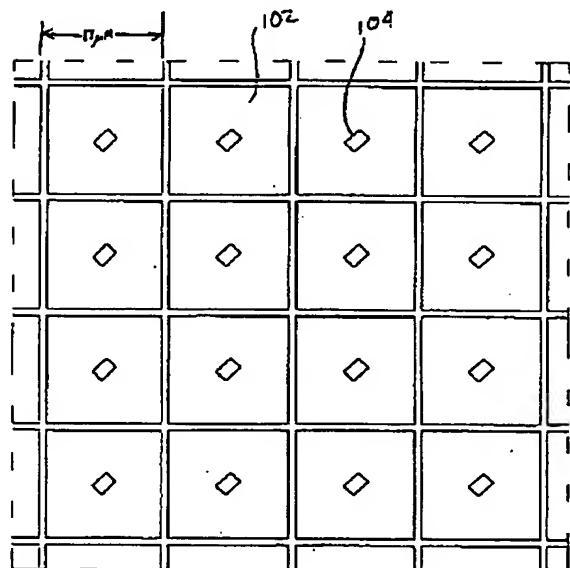
【図17】一実施例のDMDを基本とした表示装置のブロック図。

【図18】一実施例のDMDを基本としたプリンタ装置の見取図。

【符号の説明】

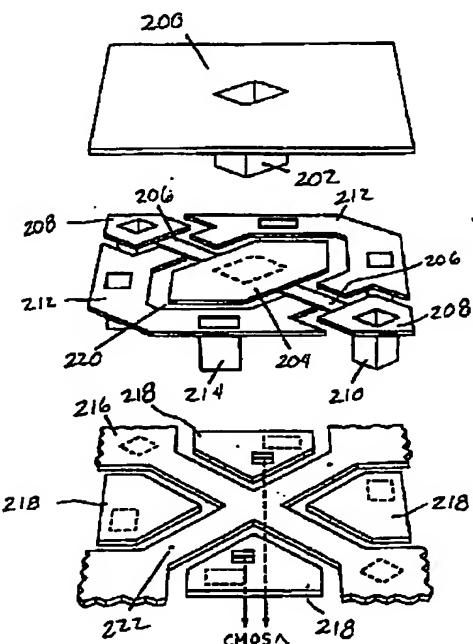
- 300 ミラー（要素）
- 302 ミラー支持柱
- 304 ねじれヒンジ
- 306 ヒンジ支持柱
- 308 メタライズ層
- 310 ヒンジ・ヨーク
- 312 ヨーク先端
- 318 基板

【図1】

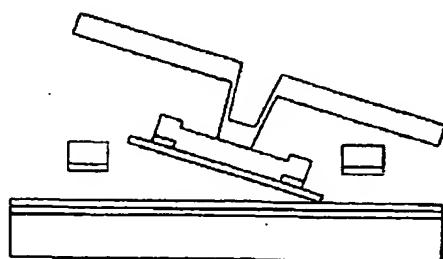
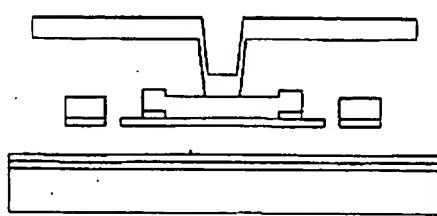


【図11】

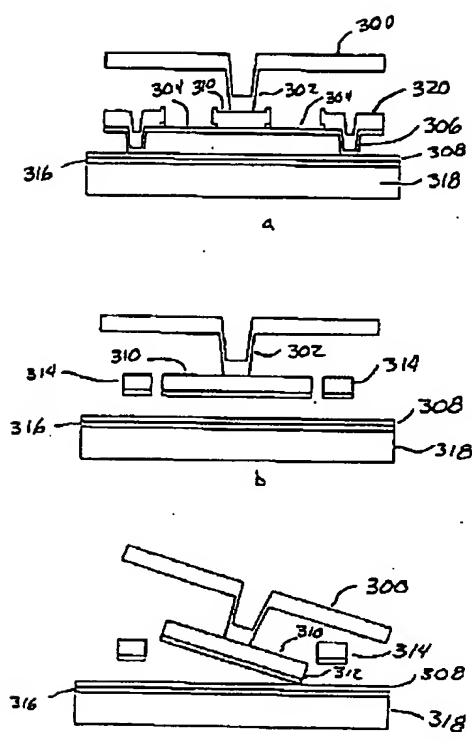
【図2】



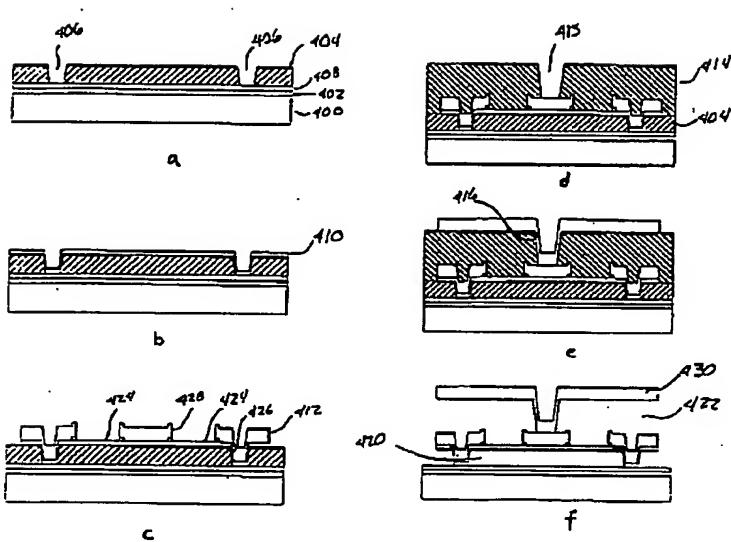
【図12】



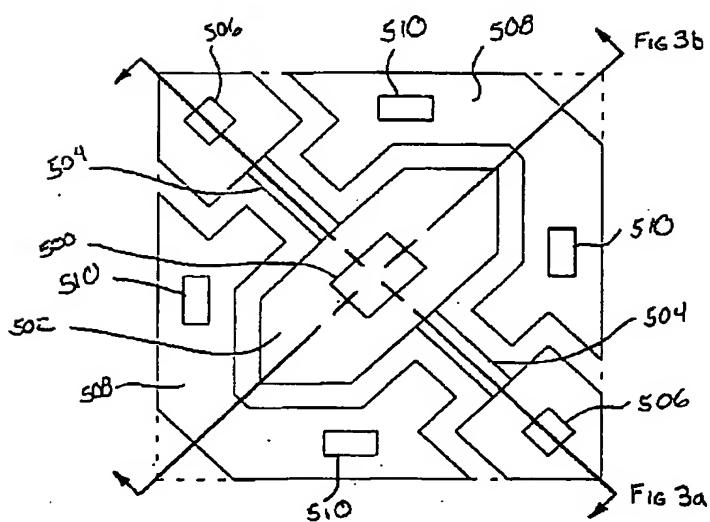
【図3】



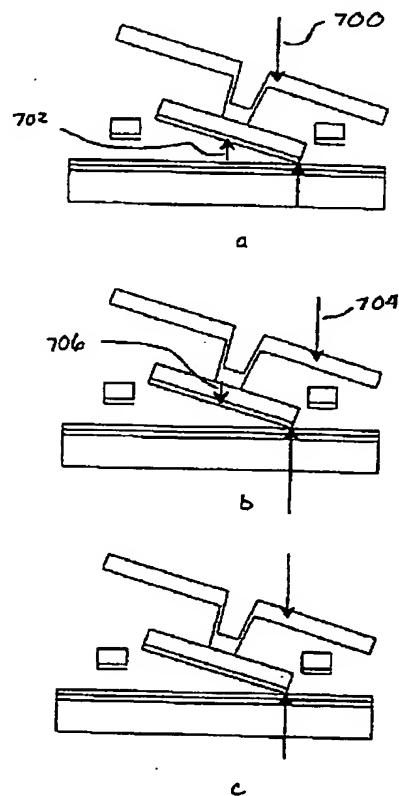
【図4】



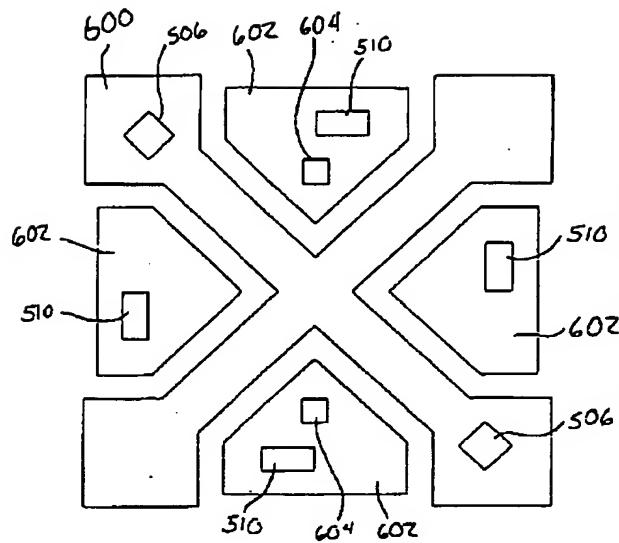
【図5】



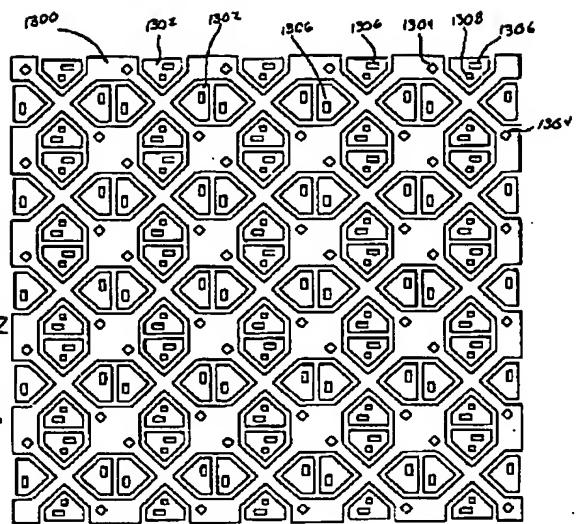
【図7】



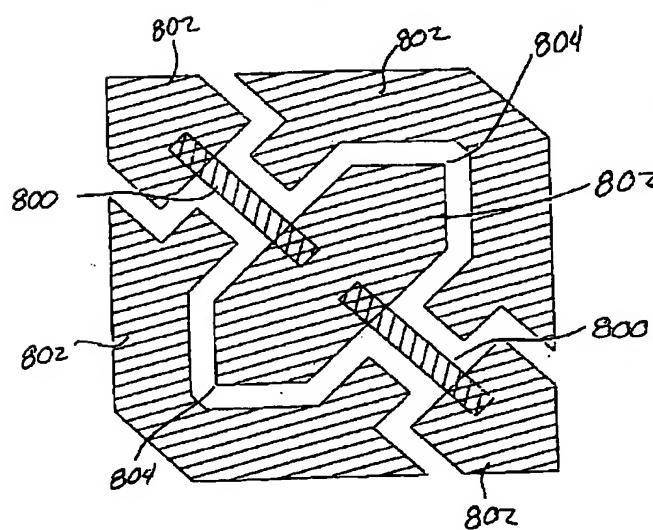
【図6】



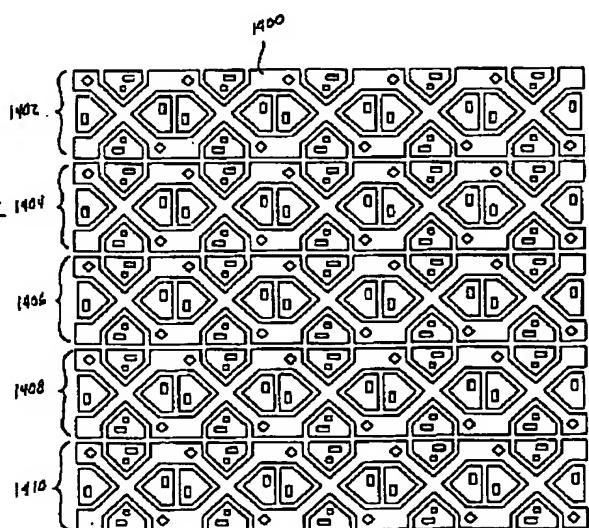
【図13】



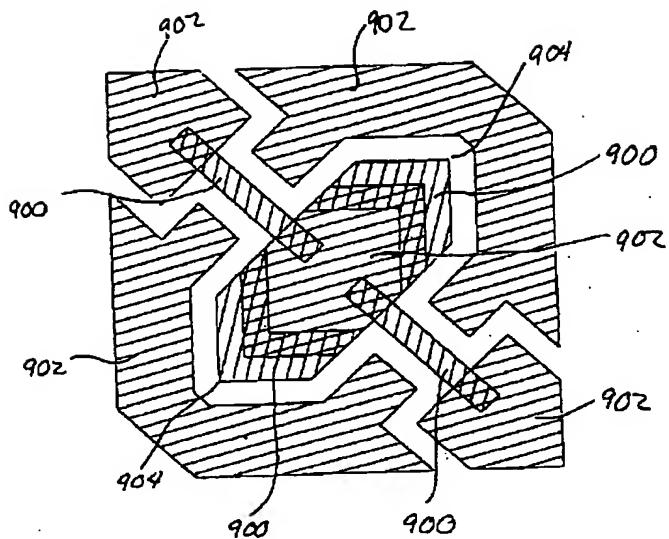
【図8】



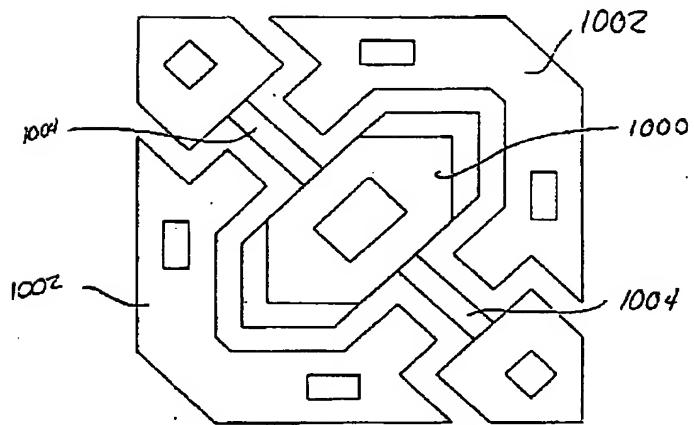
【図14】



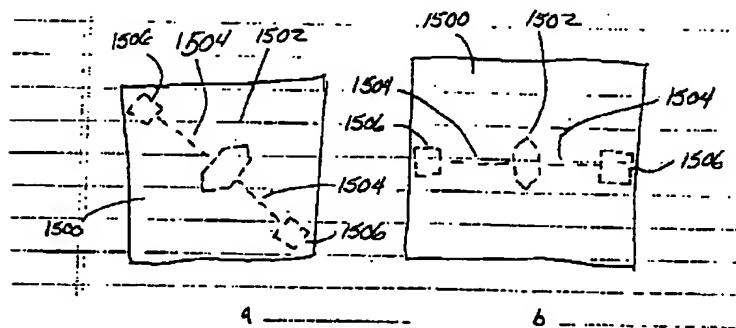
【図9】



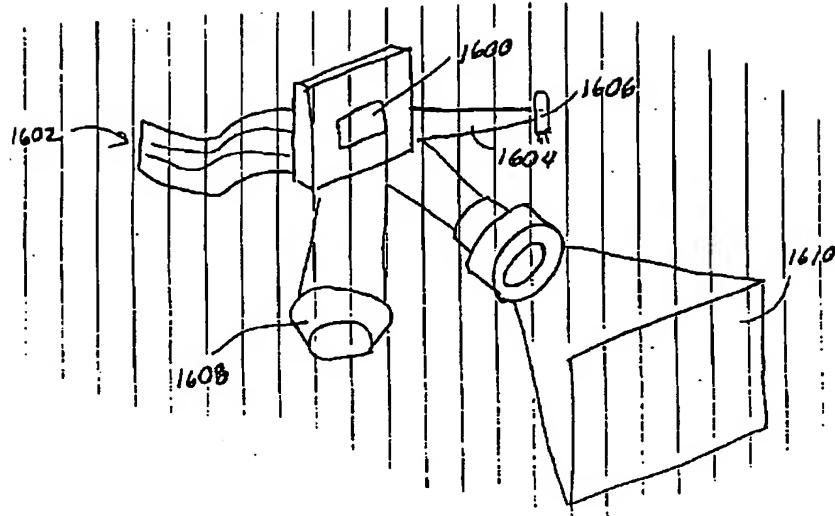
【図10】



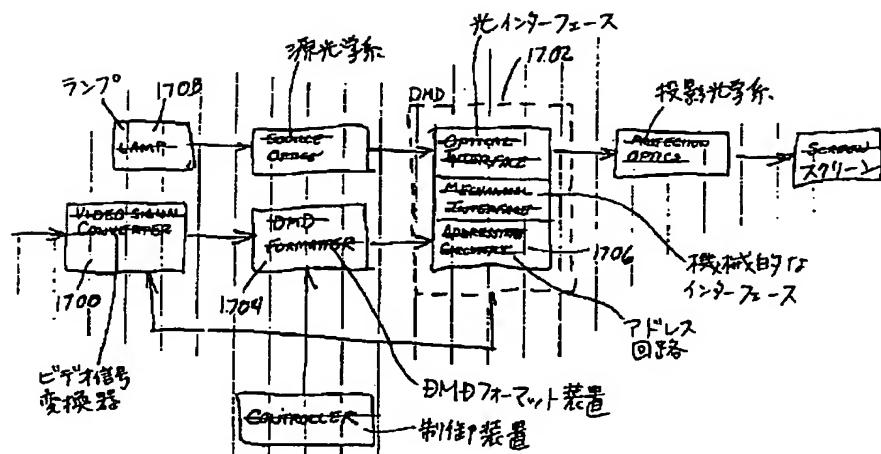
【図15】



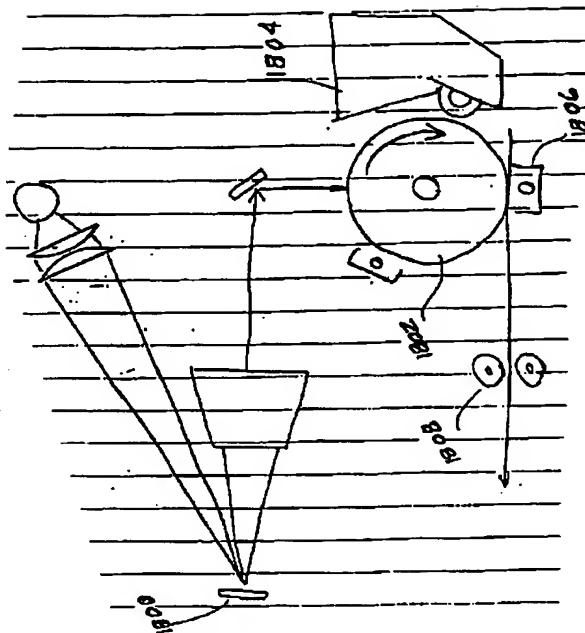
[图 16]



【图17】



【図18】



【手続補正書】

【提出日】平成7年3月23日

【手続補正1】

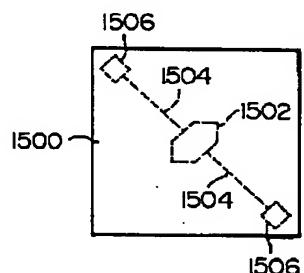
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図15

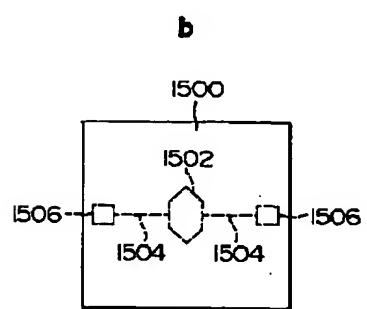
【補正方法】変更

【補正内容】

【図15】



a



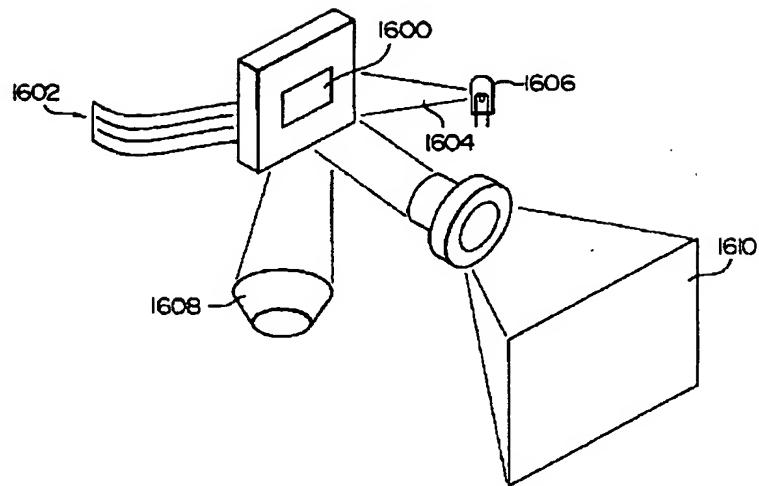
b

【手続補正2】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図16

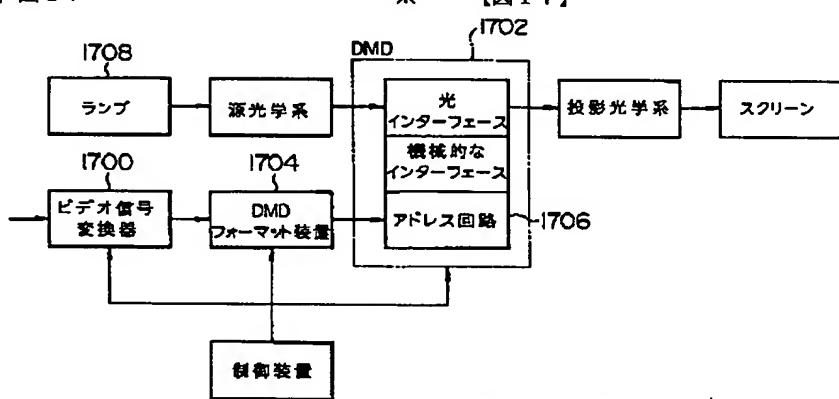
【補正方法】変更

* 【補正内容】
* 【図16】

【手続補正3】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図17

※ 【補正方法】変更
【補正内容】
※ 【図17】

【手続補正4】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図18

【補正方法】変更
【補正内容】
【図18】

